

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
JOÃO VITOR SPECHT KOGUT
NICOLE MIGLIORINI MAGAGNIN

LABORATÓRIO ELETRÔNICA BÁSICA – M1

Relatório apresentado como requisito parcial para a obtenção da M1 da disciplina de Eletrônica básica do curso de Engenharia de Computação pela Universidade do Vale do Itajaí da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia.

Prof. Walter Antonio Gontijo

OBJETIVOS

- Avaliar o funcionamento do diodo
- Verificar o funcionamento de circuitos com diodos
- Avaliar o funcionamento de circuitos de regulação de tensão.

INTRODUÇÃO

Um diodo é o componente eletrônico que permite passagem elétrica da corrente apenas em um sentido, possuindo dois terminais de diferentes polaridades e uma corrente que flui do anodo ao catodo. Este possui diversas aplicações, sendo a principal delas trabalhar com a retificação, transformando tensão alternada em contínua. Um diodo Zener é um componente da família dos diodos fabricado para trabalhar a tensão reversa e desta forma apresentando tensão constante para uma forma de corrente.

Nos experimentos aqui relatados serão utilizados os conceitos de diodos, transformadores, análise de forma de onda, transformadores de meia-fase e completa e tensões de ripple. Neste relatório estão registrados cálculos, simulações e resultados obtidos por meio de prática em laboratório, realizada no dia 24 de setembro de 2021.

CIRCUITOS

- 1) Meça com o multímetro as tensões “DC” da bancada/fonte e anote seus valores mínimo e máximo.

Positivo:
Mínima: 1,26 V
Máxima: 23 V

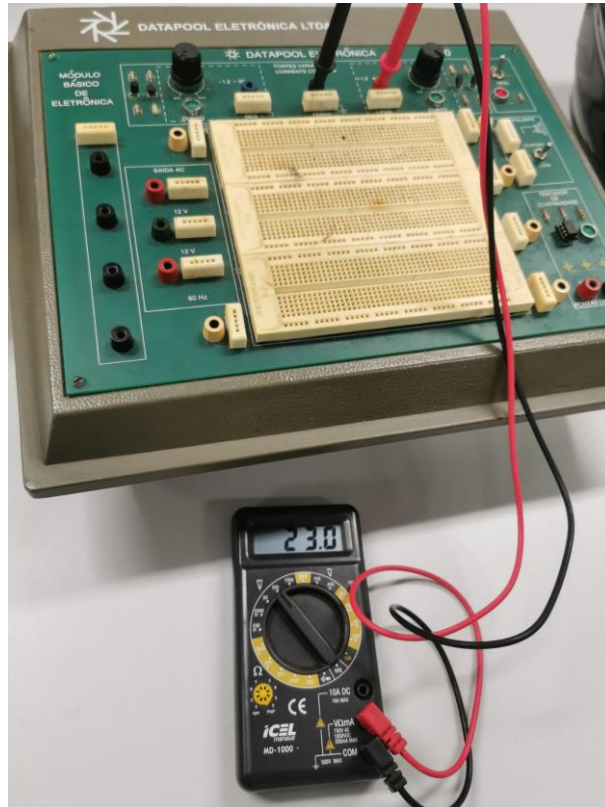


Figura 1 - Tensão máxima da bancada mensurada



Figura 2 - Tensão mínima da bancada mensurada

Negativo:
Mínimo: -1,2 V
Máximo: -23,3 V

- 2) Antes do experimento teste com o multímetro os diodos utilizados e meça os valores dos resistores.

Foram testados os diodos utilizados e seu funcionamento e mensurada a resistência dos resistores utilizados que possuíam a variância de 5%.

Resistor	Valor real
1k Ω	990 Ω
220 Ω	223 Ω

- 3) Monte o circuito apresentado, varie a tensão V_i de [0.5:0.2:5V], meça V_o e preencha uma tabela. Com os resultados obtidos plote a curva V_d x I_d do diodo.

TEORIA

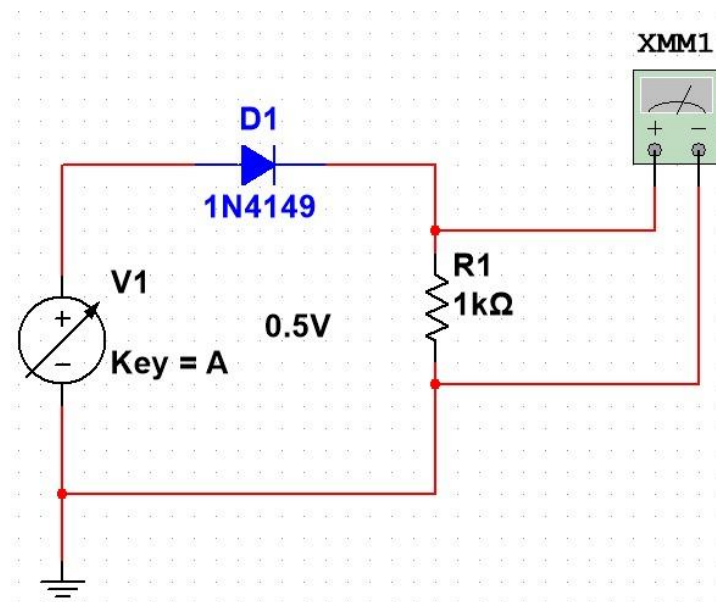


Figura 1 - Circuito 3 simulado

Para a simulação do circuito 3 como o solicitado, foi usada uma variação de 4,45% para corresponder aos 0,2 de variação de tensão entre 0,5 e 5.

V	V0	Id
0,5	0,14	0,00014
0,7	0,15	0,00015
0,9	0,33	0,00033
1,1	0,51	0,00051
1,3	0,7	0,0007
1,5	0,9	0,0009
1,7	1,1	0,0011
1,9	1,3	0,0013
2,1	1,48	0,00148
2,3	1,68	0,00168
2,5	1,87	0,00187
2,7	2,07	0,00207
2,9	2,28	0,00228
3,1	2,46	0,00246
3,3	2,66	0,00266
3,5	2,85	0,00285
3,7	3,05	0,00305
3,9	3,25	0,00325
4,1	3,35	0,00335
4,3	3,67	0,00367
4,5	3,84	0,00384
4,7	4,04	0,00404
4,9	4,24	0,00424
5	4,3	0,0043

Figura 2 - Tabela de resultados

Para a obtenção da curva do diodo considerando o V_{dxId} foi utilizada a ferramenta Excel e plotado um gráfico com os valores apresentados.

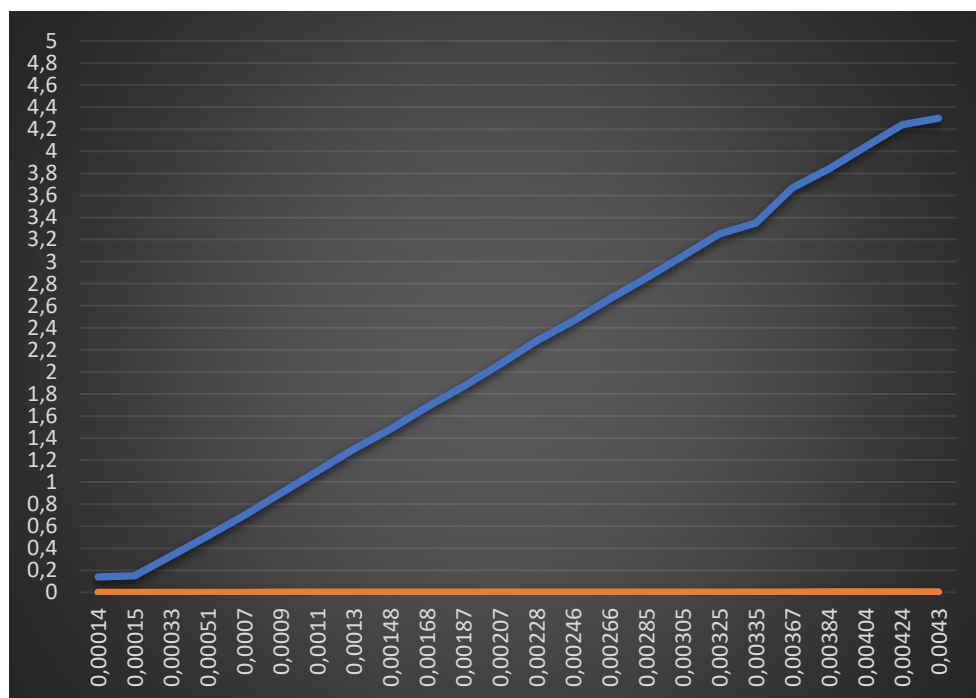


Figura 3 - Gráfico V_{dxId}

PRÁTICA

Considerando o fato de que a tensão mínima encontrada na bancada foi de 1,26 V e o presente exercício requeria uma tensão mínima de 0,5 V havia duas opções, a inserção de mais um resistor de $1k\Omega$ ao circuito ou o uso da fonte VCC presente na bancada. A dupla optou pela fonte montando o circuito de maneira representada abaixo para a mensuração dos intervalos:

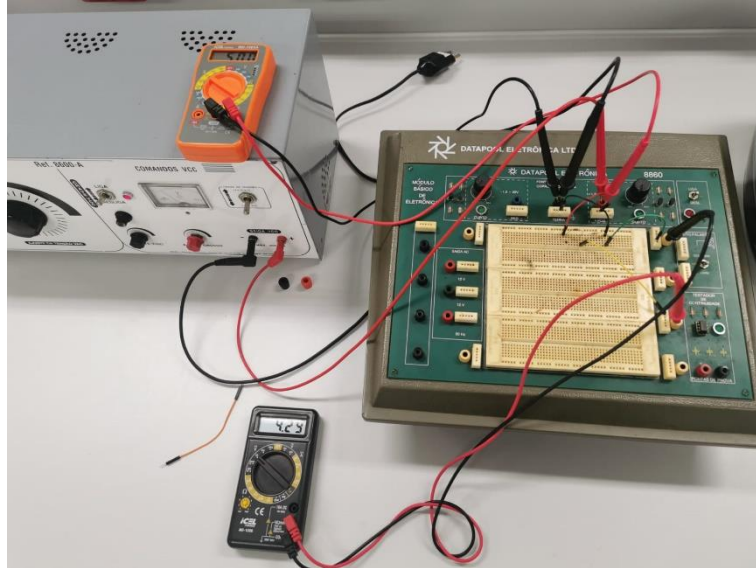


Figura 4 - Circuito 3

Utilizando dois multímetros foi possível obter os dados solicitados pelo exercício enquanto era alternada a tensão em intervalos de 0,2 V.

V	V0	Id
0,5	0,04	0,00004
0,7	0,04	0,00004
0,9	0,32	0,00032
1,1	0,38	0,00038
1,3	0,68	0,00068
1,5	0,89	0,00089
1,7	1,1	0,0011
1,9	1,27	0,00127
2,1	1,47	0,00147
2,3	1,66	0,00166
2,5	1,87	0,00187
2,7	2,05	0,00205
2,9	2,25	0,00225
3,1	2,44	0,00244
3,3	2,63	0,00263
3,5	2,83	0,00283
3,7	3,02	0,00302
3,9	3,22	0,00322
4,1	3,4	0,0034
4,3	3,61	0,00361
4,5	3,81	0,00381
4,7	4	0,004
4,9	4,2	0,0042
5	4,29	0,00429

Figura 5 - Tabela de resultados experimento 3

Os resultados obtidos se mostraram semelhantes, ainda mais se levada em consideração a variância do resistor de $1k\Omega$ utilizado.

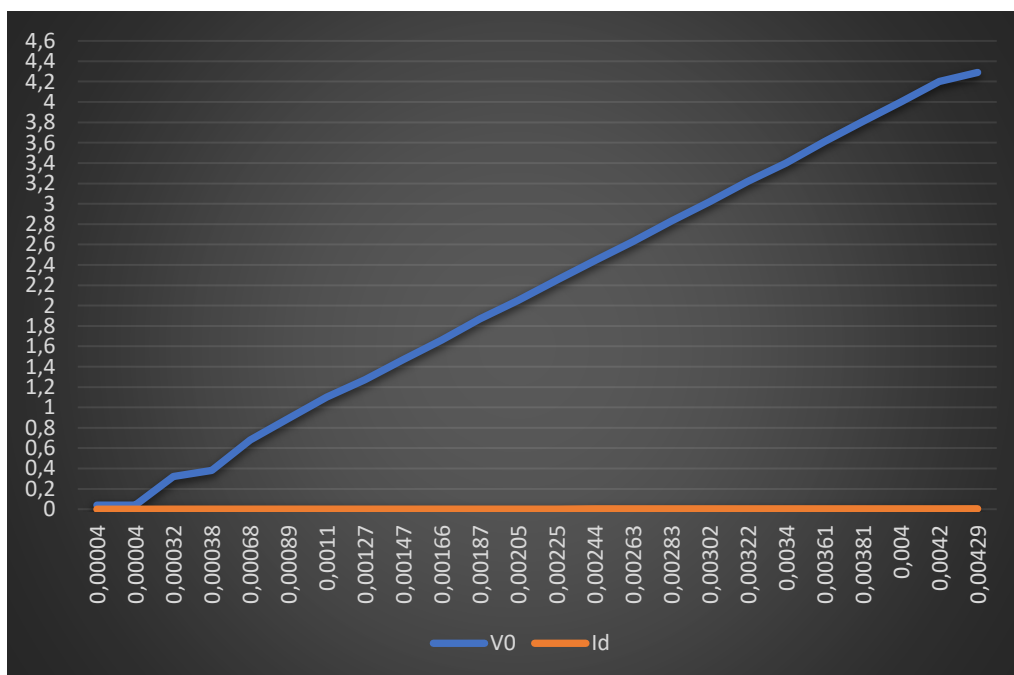


Figura 6 - Gráfico curva $V_d \times I_d$ com base nos experimentos

4) Monte o circuito dado com a tensão da fonte em 5V. Meça as tensões sobre o diodo e sobre o resistor de 100R. De posse dessas tensões calcule as correntes do circuito. Use o modelo FT constante do diodo e faça uma comparação entre os valores obtidos no experimento e os teóricos.

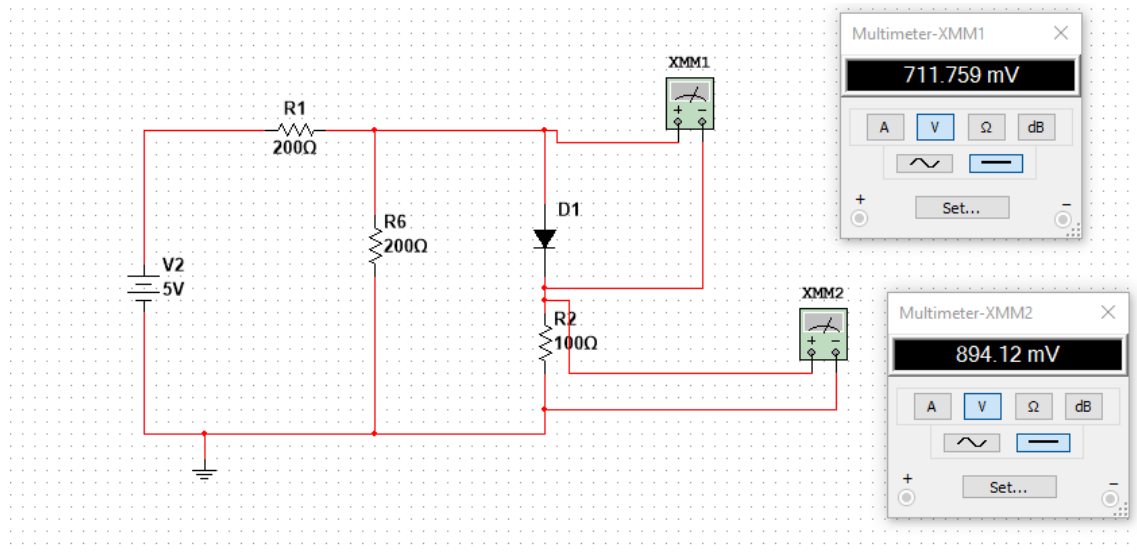


Figura 5 - Mensuração das tensões e simulação

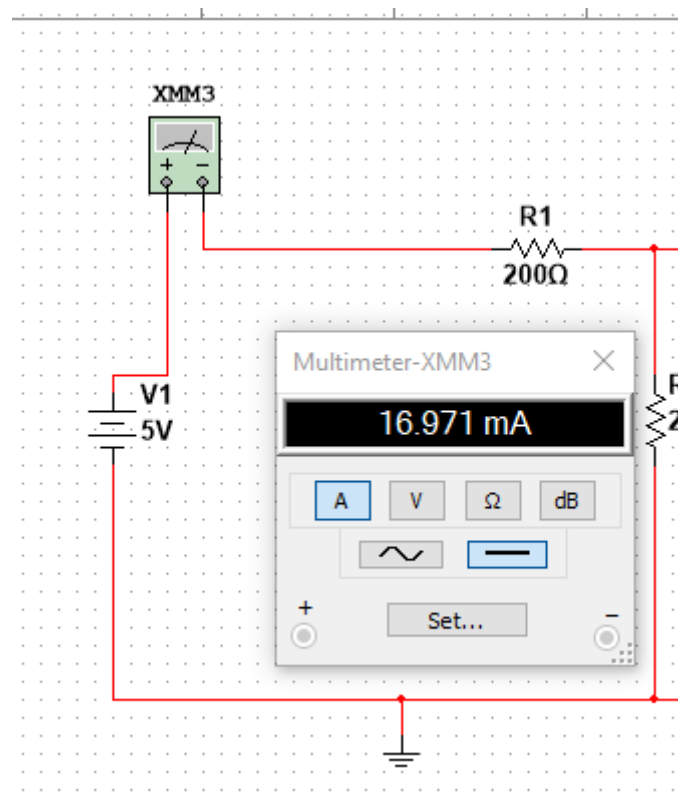


Figura 6 - Mensuração da corrente

$$V_d = 0,7V$$

$$R_{th} = \frac{200 * 200}{400} = 100 \text{ ohms}$$

$$V_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V = \frac{200}{400} * 5 = 2,5 \text{ V}$$

$$I_d = 2,5 - 0,7 - (200 * I_d) = 0$$

$$I_d = \frac{1,8}{200} = 9 \text{ mA}$$

$$V_{RL} = I_d * R_L = 0,009 * 100 = 0,9 \text{ V}$$

$$V_d = 0,7$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{5}{400} = 12,5 \text{ mA}$$

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
V _d	0,7 V	0,7 V
V _{RL}	0,89 V	0,9 V
I _d	8,9 mA	9 mA
I	16,9 mA	12,5 mA

5) Verifique a calibração do scope (frequência de 1kHz e amplitude dada no aparelho).

6) Monte o circuito retificador de meia onda e meça as tensões no secundário e na carga. Calcule as tensões e compare os valores medidos com os calculados

TEORIA

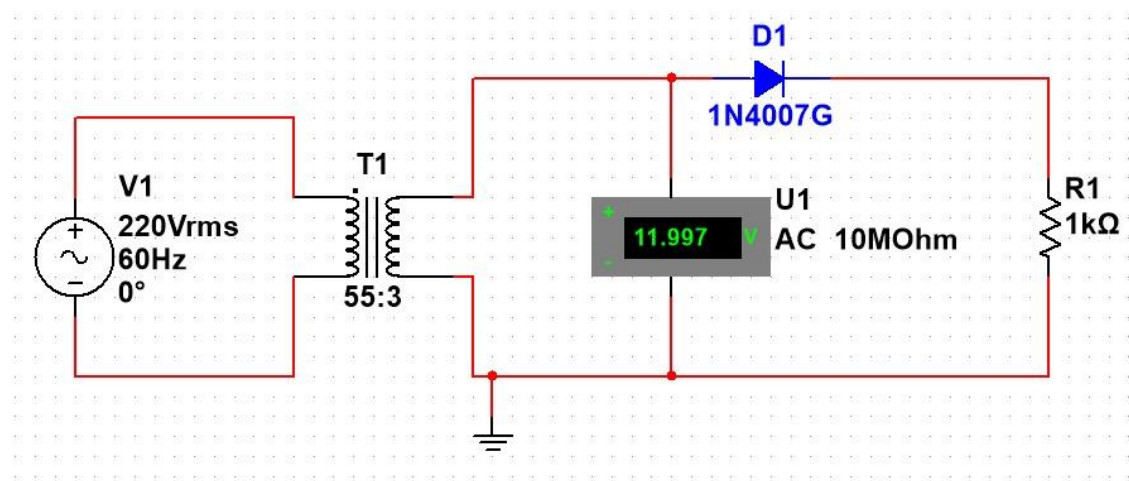


Figura 7 - Circuito 6 simulado

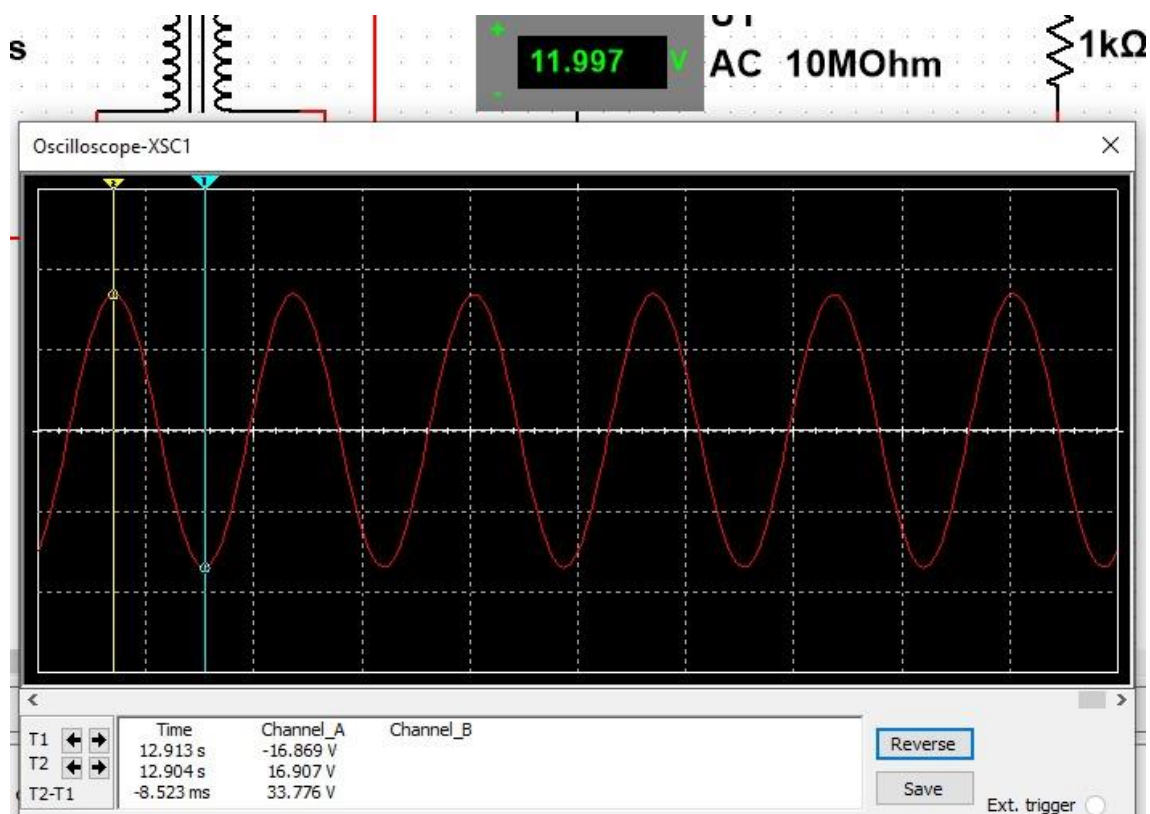


Figura 8 - circuito 6 forma de onda

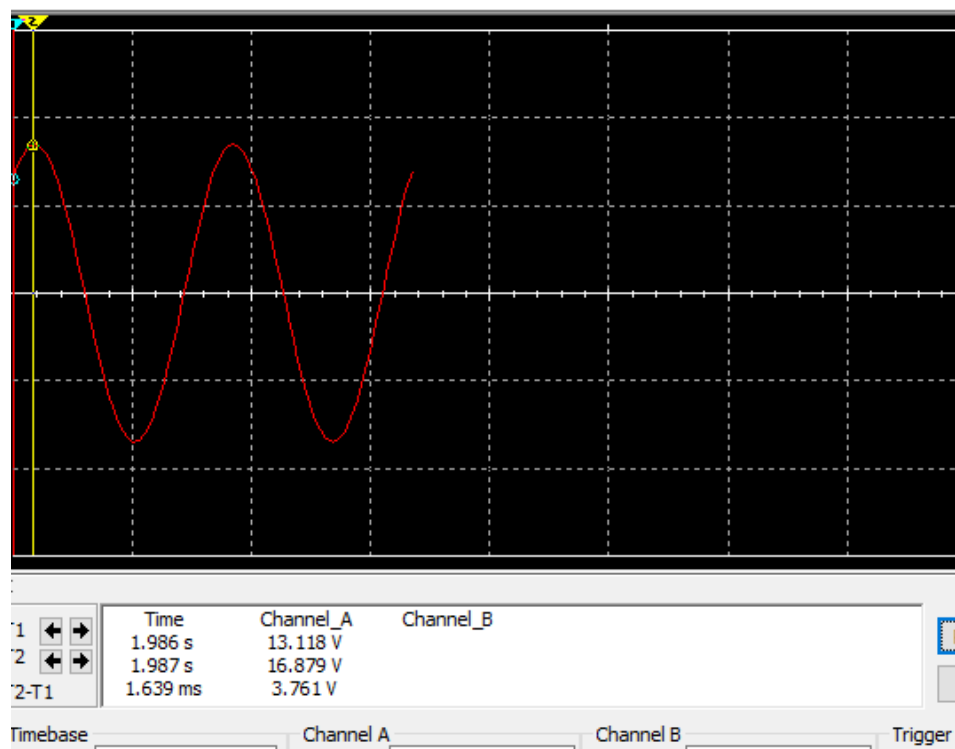


Figura 9 - Mensuração da tensão de pico no secundário

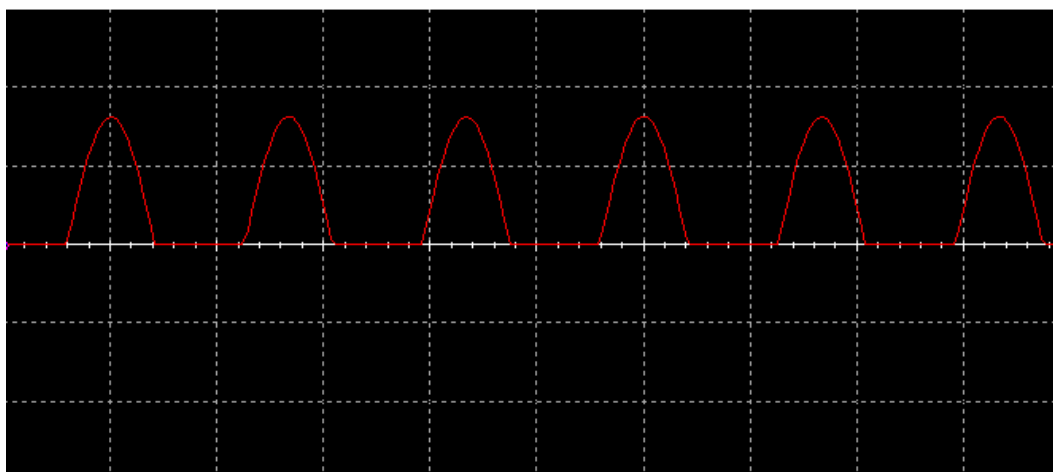


Figura 7 - Forma de onda da tensão na carga

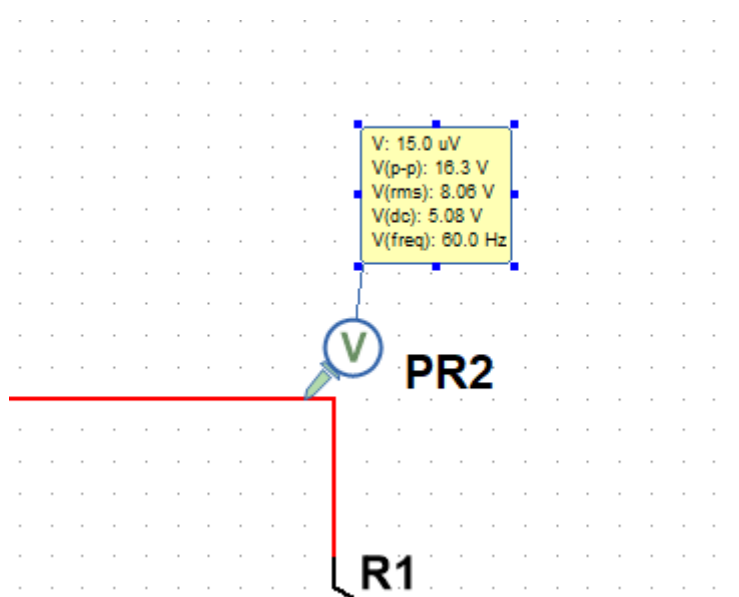


Figura 10 - Mensuração de tensões

$$VPK(sec) = n * VPK(pri)$$

$$n = \frac{53}{3}$$

$$VPK(sec) = \frac{1}{18,33} * 311$$

$$VPK(sec) = 16,96 V$$

$$VRMS(sec) = \frac{16,96}{\sqrt{2}} = 11,99 V$$

$$VPK(saída) = 16,96 - 0,7 = 16,26 V$$

$$VDC(saída) = \frac{16,96}{\pi} = 5,17 V$$

$$VRMS na carga = \frac{16,96}{2} = 8,48 V$$

$$VPk \text{ na carga} = 8,48 * \sqrt{2} = 11,9 \text{ V}$$

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VPK(sec)	16,89 V	16,96 V
VRMS(sec)	11,99 V	11,99 V
VPK(saída)	16,3 V	16,26 V
VDC(saída)	5,08 V	5,17 V
VRMS(carga)	8,06 V	8,48 V

PRÁTICA

Para a simulação do presente circuito foi utilizado o DataPool, onde a transformação de 55:3 já era realizada automaticamente com a tensão fornecida de 12 volts, além de um diodo 1N4007G e o resistor de 1k Ω já presente no experimento anterior.

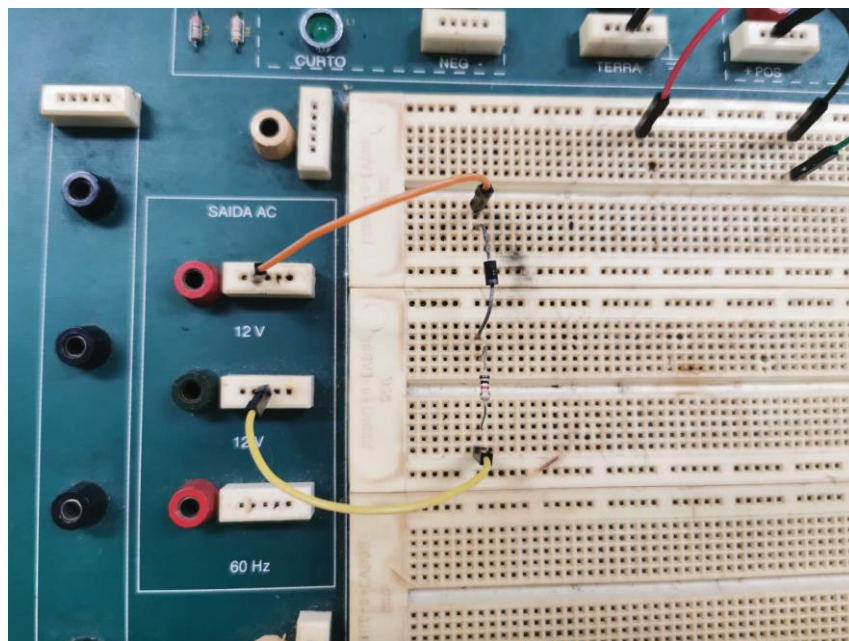


Figura 8 - Circuito 6 montado no datapool

Com o auxílio de um osciloscópio foi obtida a forma de onda da tensão de pico no secundário.

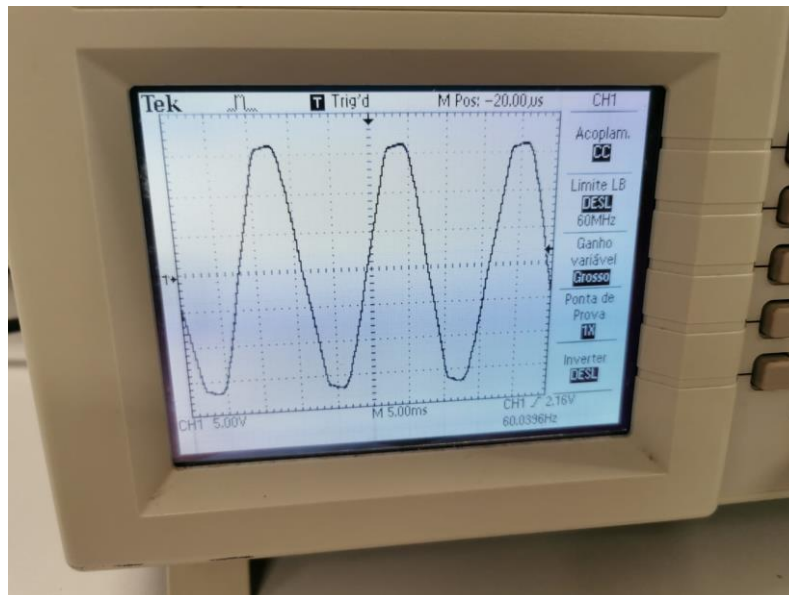


Figura 9 - Tensão de pico no secundário

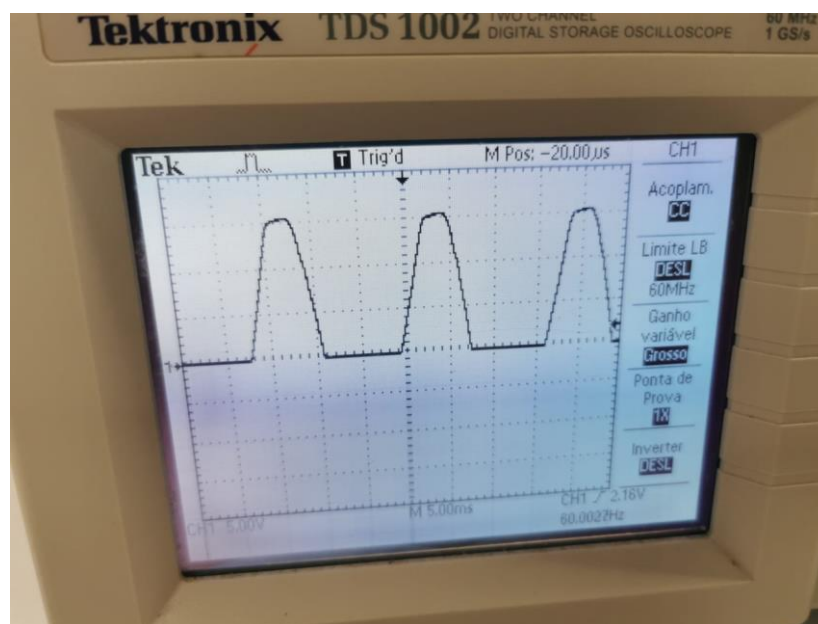


Figura 10 - Tensão de pico na carga

Foram obtidos os valores de tensão de pico na carga e tensão de pico no secundário, além do valor dessas tensões eficazes a fim de comparação com os valores calculados.

PARÂMETRO	EXPERIMENTAL	TEÓRICO
VPK(sec)	15,8 V	16,96 V
VRMS(sec)	11,2 V	11,99 V
VPK(carga)	10,6 V	11,9 V
VRMS(carga)	7,5 V	8,48 V

É possível notar uma pequena variação entre os valores experimentais, reais e ainda os simulados, mas é válido ressaltar que os valores diferem principalmente devido aos componentes

experimentais não serem ideais e possuírem variações, além de possíveis faltas de contato em alguns lugares do datapool. As formas de onda coincidiram em sua totalidade.

7) Monte o circuito retificador de onda completa e meça as tensões nos secundários do transformador e sobre a carga. Calcule as tensões e compare os valores medidos com os calculados. Posteriormente, adicione um capacitor de 470uF em paralelo com a carga e meça com o scope sua tensão e também a tensão de ripple.

TEORIA

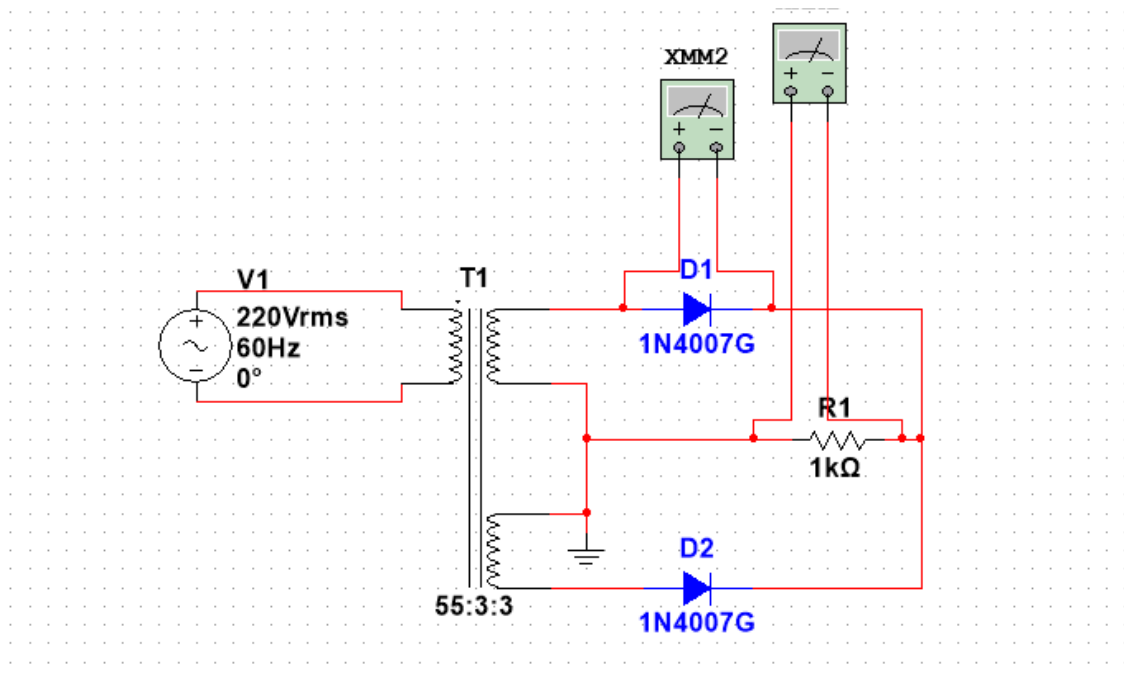


Figura 11 - Circuito 7 simulado

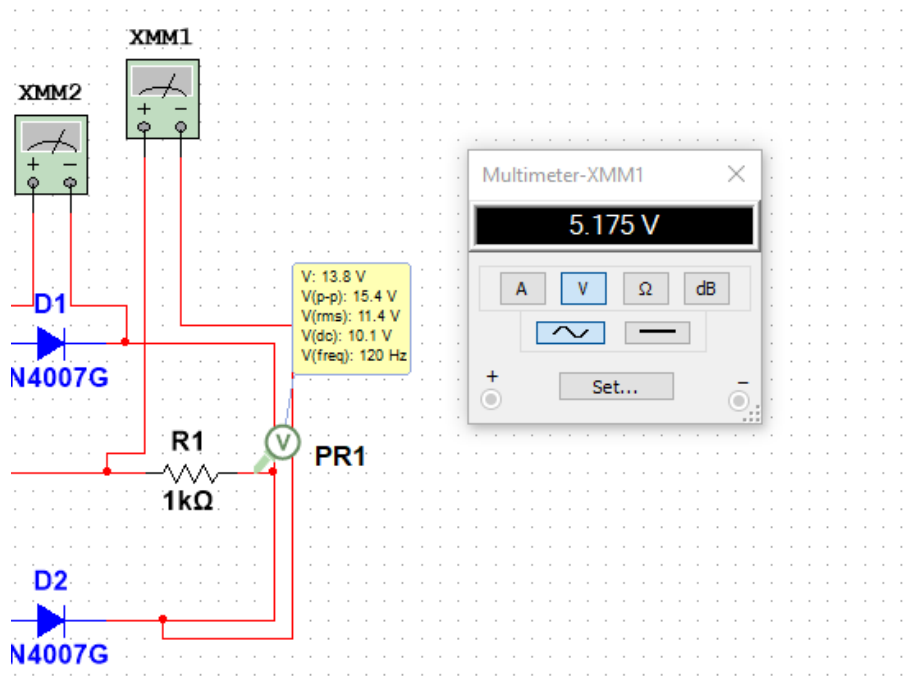


Figura 11 - Mensuração tensões na saída

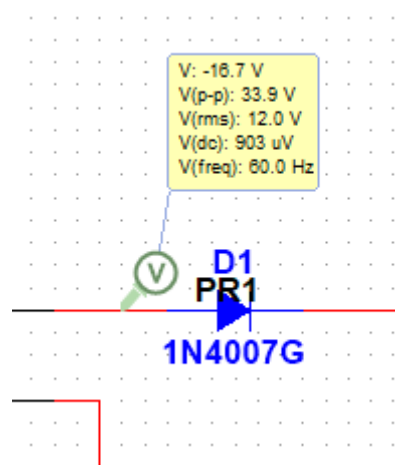


Figura 12 - PIV mensurado

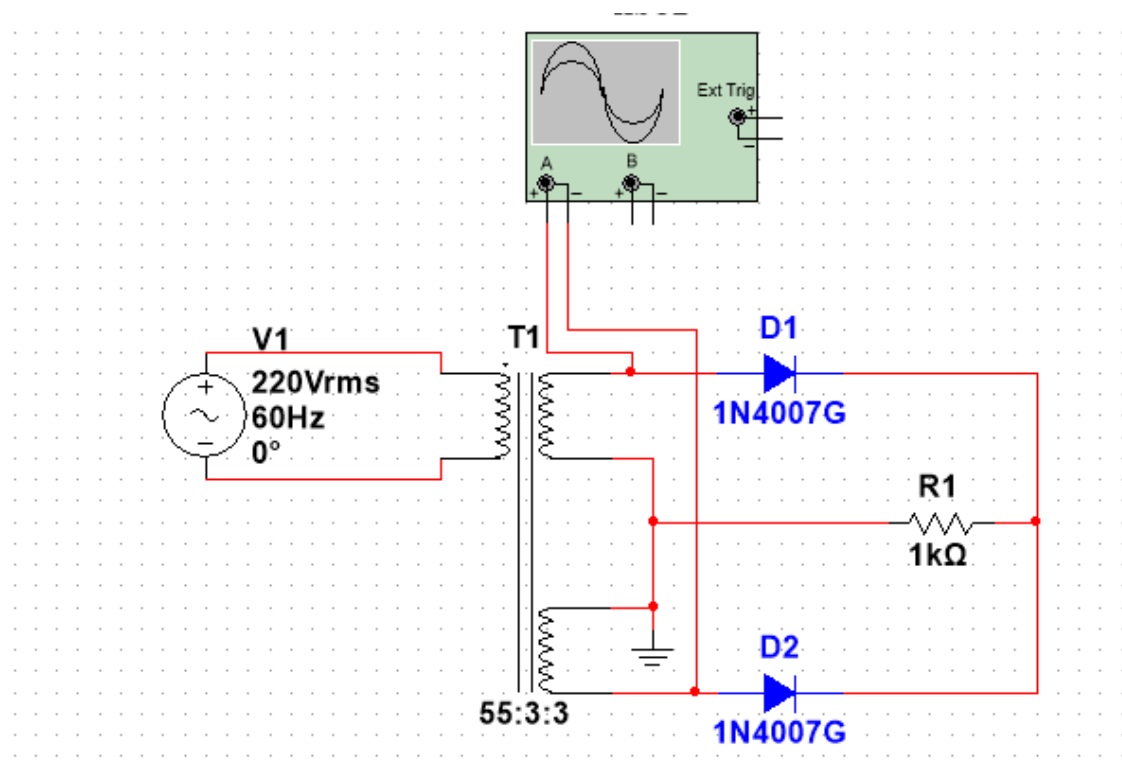


Figura 13 - Osciloscópio para a medição de tensão de pico no secundário

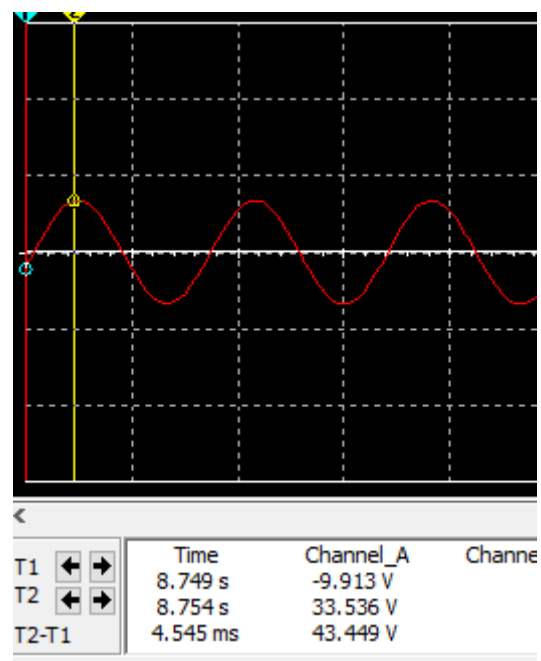


Figura 14 - Tensão de pico no secundário obtida através do osciloscópio

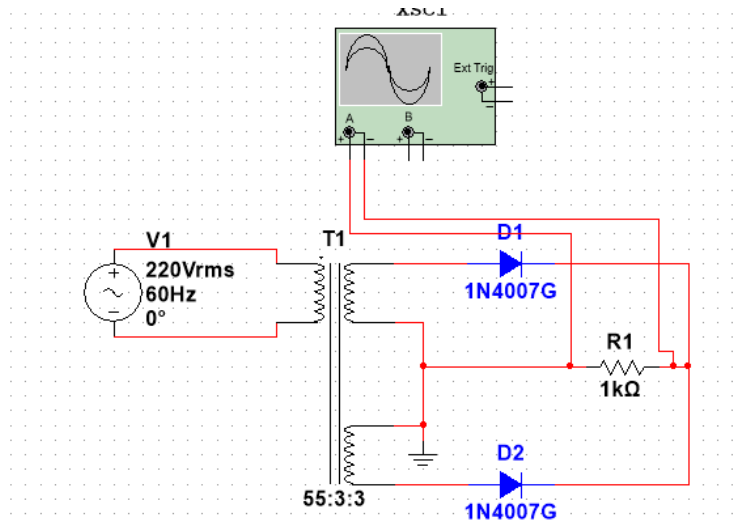


Figura 15 - Osciloscópio para a forma de onda na carga

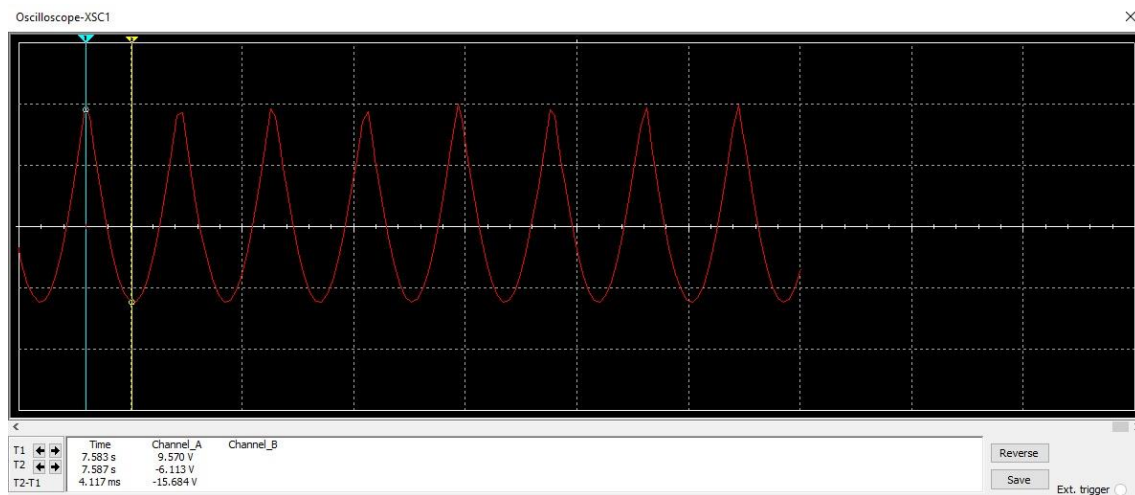


Figura 16 - Forma de onda circuito 7 na carga

$$VPK(sec) = n * VPK(pri)$$

$$n = \frac{6}{55} = 0,11$$

$$VPK(sec) = 0,11 * 311 = 34,21 V$$

$$\frac{Vpk(sec)}{2} = 17,105 V$$

$$VRMS(sec) = \frac{\frac{34,21}{2}}{\sqrt{2}} = 12,09 V$$

$$VPK(out) = \frac{Vpk(sec)}{2} - 0,7 = 16,4 V$$

$$PIV = 34,21 - 0,7 = 33,51 V$$

$$VRMS(out) = \frac{2 * 16,4}{\pi} = 10,4 V$$

$$VDC(out) = \frac{Vpk}{\pi} = \frac{16,4}{\pi} = 5,22 V$$

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
VPK(sec)	33,53 V	34,21 V
VRMS(sec)	12 V	12,09 V
VPK(out)	15,4 V	16,4 V
VDC(out)	5,17 V	5,22 V
VRMS(out)	10,4 V	10,4 V
PIV	33,9 V	33,51 V

A seguir, foi adicionado um capacitor de 470 μ F para a mensuração e observação da tensão de Ripple:

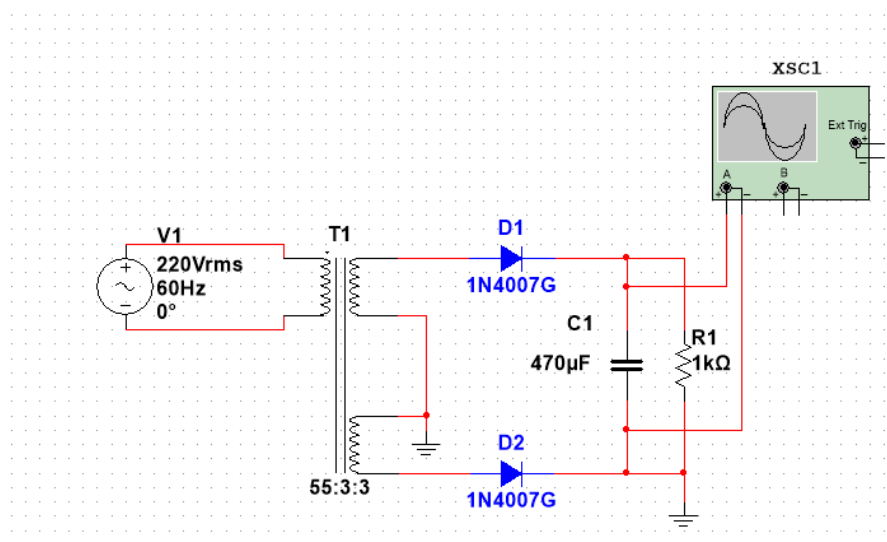


Figura 17 - Circuito 7 com capacitor

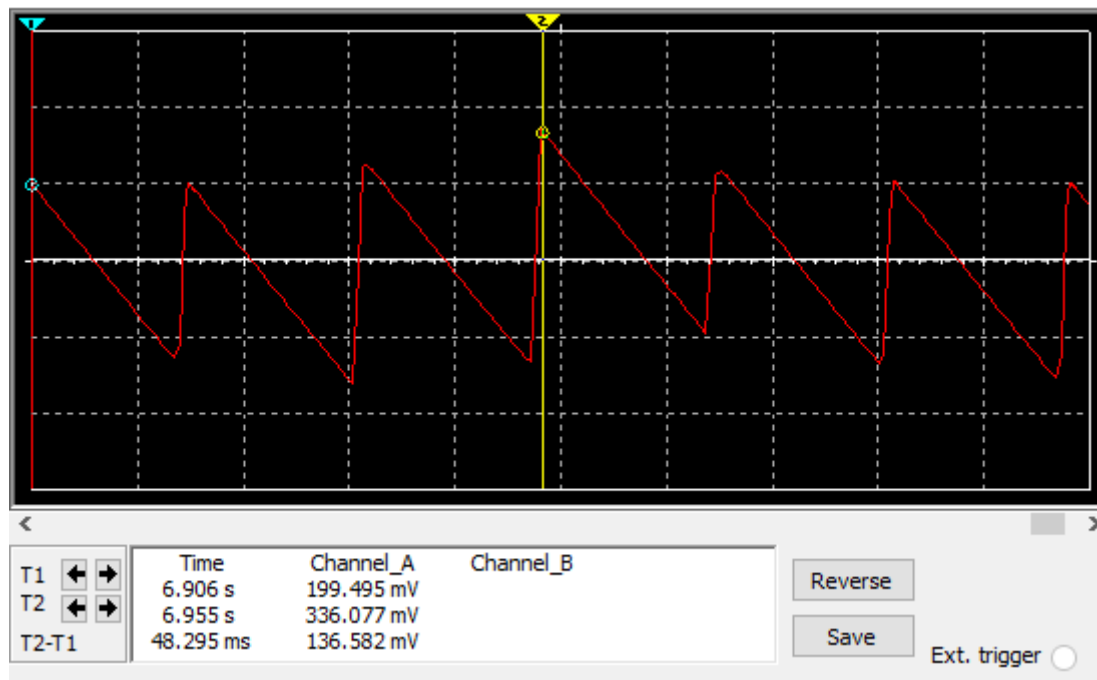


Figura 18 - Forma de onda tensão de ripple

$$V_{ripple} = \frac{V_p}{2fRC} = \frac{16,4}{2 * 60 * 1000 * 0,00047} 0,29 V$$

Ainda que a tensão de Ripple oscile, o valor obtido é próximo ao teórico de 290 mV.

PRÁTICA

O circuito 7 foi novamente simulado utilizando o datapool com a tensão de 12 volts e diodos iguais aos simulados. Os diodos foram colocados em paralelo um com o outro e o resistor em série, o cabo terra conectado ao centro está para o uso do tap central.

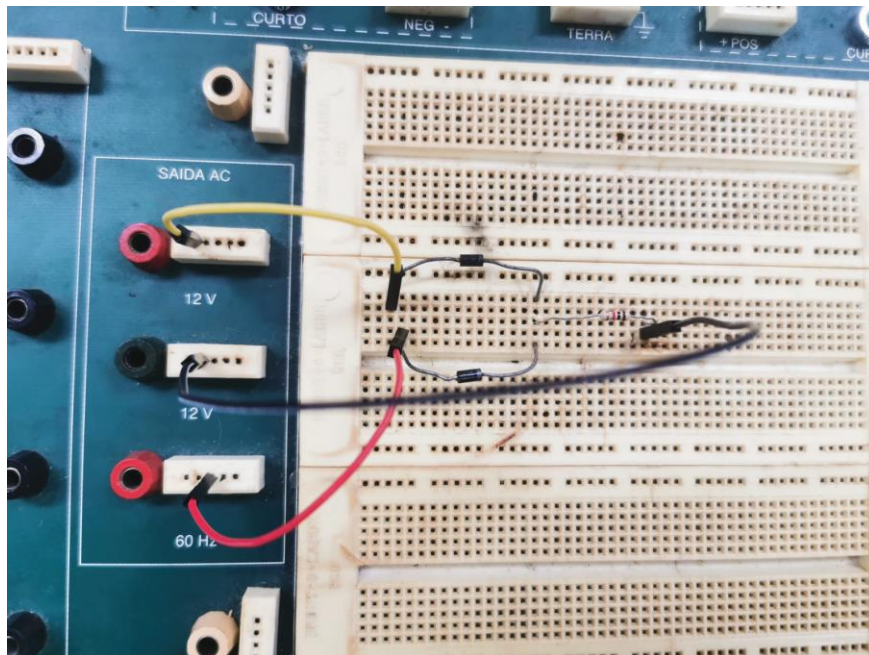


Figura 19 - Circuito 7 montado

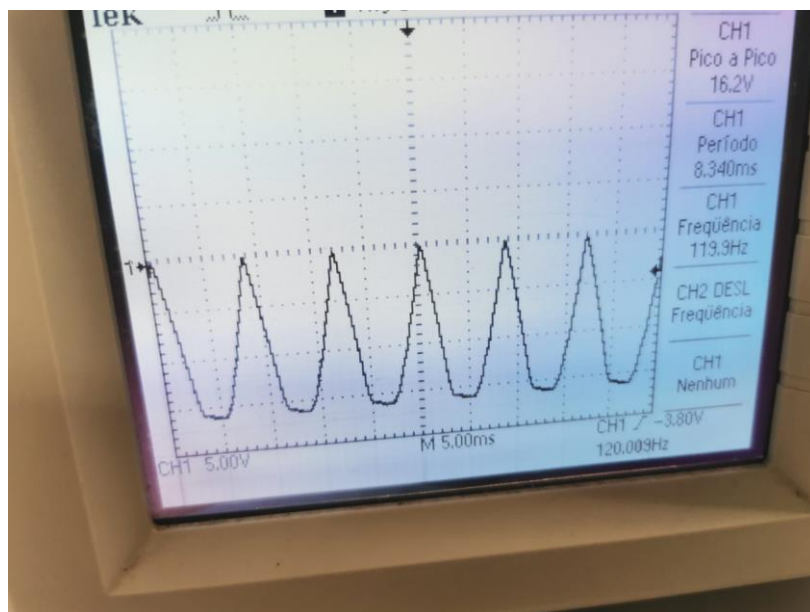


Figura 20 - Forma de onda da tensão de pico na carga

Foi adicionado um capacitor em paralelo com o resistor de $1k\Omega$ para a mensuração da tensão de ripple, uma vez que não havia o componente de $470\mu F$ utilizado nas simulações, foi utilizado um capacitor alternativo com $100\mu F$ de capacitância e 30V.



Figura 21 - Forma de onda da tensão de ripple

Considerando o capacitor usado, foi necessário calcular novamente a tensão de Ripple:

$$V_{ripple} = \frac{V_p}{2fRC} = \frac{16,4}{2 * 60 * 1000 * 0,00010} 1,3 V$$

A tensão mensurada de Ripple foi igual a 1,1 V, tornando-se próxima ao valor calculado.

Abaixo foi feito um comparativo das tensões mensuradas experimentalmente com seus devidos cálculos:

PARÂMETRO	EXPERIMENTAL	TEÓRICO
VPK(out)	16 V	16,4 V
VDC(carga)	5,42 V	5,17 V
PIV	21,8 V	33,51 V

8) Monte o circuito regulador zener, fixe a tensão V_i em 10V e meça V_o . Repita o experimento para V_i em 12V. Com os resultados obtidos calcule a regulação da tensão de saída. Calcule as tensões teóricas do circuito e compare os valores medidos.

TEORIA

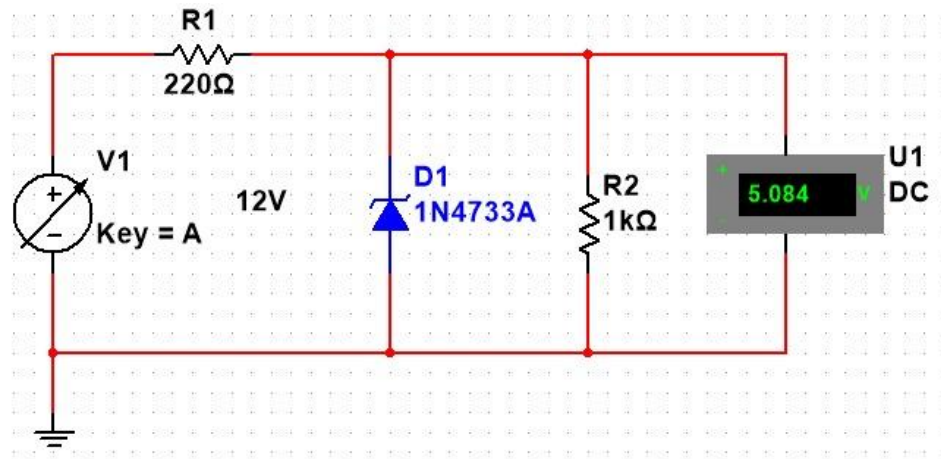


Figura 22 - Circuito 8 simulado 12V

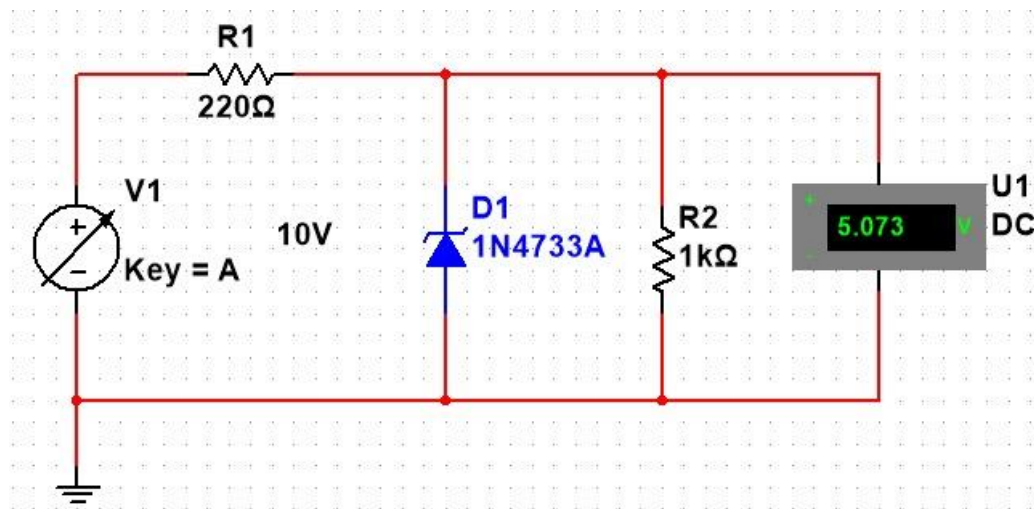


Figura 23 - Circuito 8 simulado 10V

COLOR BAND DENOTES CATHODE

Absolute Maximum Ratings * $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation @ $T_L \leq 50^\circ\text{C}$, Lead Length = 3/8"	1.0	W
	Derate above 50°C	6.67	mW/ $^\circ\text{C}$
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	-65 to +200	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Device	V_Z (V) @ I_Z (Note 1)			Test Current I_Z (mA)	Max. Zener Impedance			Leakage Current		Non-Repetitive Peak Reverse Current I_{ZSM} (mA) (Note 2)
	Min.	Typ.	Max.		Z_Z @ I_Z (Ω)	Z_{ZK} @ I_{ZK} (Ω)	I_{ZK} (mA)	I_R (μA)	V_R (V)	
1N4728A	3.135	3.3	3.465	76	10	400	1	100	1	1380
1N4729A	3.42	3.6	3.78	69	10	400	1	100	1	1260
1N4730A	3.705	3.9	4.095	64	9	400	1	50	1	1190
1N4731A	4.085	4.3	4.515	58	9	400	1	10	1	1070
1N4732A	4.465	4.7	4.935	53	8	500	1	10	1	970
1N4733A	4.845	5.1	5.355	49	7	550	1	10	1	890
1N4734A	5.32	5.6	5.88	45	5	600	1	10	2	810
1N4735A	5.89	6.2	6.51	41	2	700	1	10	3	730
1N4736A	6.46	6.8	7.14	37	3.5	700	1	10	4	680
1N4737A	7.125	7.5	7.875	34	4	700	0.5	10	5	605
1N4738A	7.79	8.2	8.61	31	4.5	700	0.5	10	6	550
1N4739A	8.645	9.1	9.555	28	5	700	0.5	10	7	500
1N4740A	9.5	10	10.5	25	7	700	0.25	10	7.8	454
1N4741A	10.45	11	11.55	23	8	700	0.25	5	8.4	414
1N4742A	11.4	12	12.6	21	9	700	0.25	5	9.1	380

$$V_{i1} = 10\text{ V}$$

$$V_{i2} = 12\text{ V}$$

$$R = 220\ \Omega$$

$$R_L = 1\text{ k}\ \Omega$$

$$V_Z = 5,1\text{ V}$$

$$I_{zt} = 49\text{ mA}$$

$$R_Z = 7\ \Omega$$

$$V_Z = I_{zt} * R_Z + V_{Z0}$$

$$V_{Z0} = V_Z - I_Z * R_Z$$

$$V_{Z0} = 5,1 - 0,049 * 7 = 4,757\text{ V}$$

Para $v_i = 10\text{ V}$

$$\frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{V_Z - V_{Z0}}{R_Z} + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$\frac{10 - V_Z}{220} = \frac{V_Z - 4,757}{7} + \frac{V_Z}{1000}$$

$$\frac{10}{220} - \frac{V_Z}{220} = \frac{V_Z}{7} - \frac{4,757}{7} + \frac{V_Z}{1000}$$

$$- \frac{V_Z}{220} - \frac{V_Z}{7} - \frac{V_Z}{1000} = - \frac{4,757}{7} - \frac{10}{220}$$

$$-\frac{V_Z}{220} - \frac{V_Z}{7} - \frac{V_Z}{1000} = -0,725025974$$

$$MMC = 77000$$

$$\frac{V_Z * 350}{77000} + \frac{V_Z * 11000}{77000} + \frac{V_Z * 77}{77000} = 0,725025974 * 77000$$

$$11.427 V_Z = 0,725025974 * 77000$$

$$V_Z = \frac{55.827}{11.427}$$

$$V_Z = 4,88 V$$

Para $V_i = 12 V$

$$\frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{V_Z - V_{Z0}}{R_Z} + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$\frac{12 - V_Z}{220} = \frac{V_Z - 4,757}{7} + \frac{V_Z}{1000}$$

$$\frac{12}{220} - \frac{V_Z}{220} = \frac{V_Z}{7} - \frac{4,757}{7} + \frac{V_Z}{1000}$$

$$-\frac{V_Z}{220} - \frac{V_Z}{7} - \frac{V_Z}{1000} = -\frac{4,757}{7} - \frac{12}{220}$$

$$-\frac{V_Z}{220} - \frac{V_Z}{7} - \frac{V_Z}{1000} = -0,734116883$$

$$MMC = 77000$$

$$\frac{V_Z * 350}{77000} + \frac{V_Z * 11000}{77000} + \frac{V_Z * 77}{77000} = 0,734116883 * 77000$$

$$11.427 V_Z = 0,734116883 * 77000$$

$$V_Z = \frac{56.527}{11.427}$$

$$V_Z = 4,95 V$$

$$V_1 = 4,88 V$$

$$V2 = 4,95 \text{ V}$$

Regulação na saída teórica

$$Reg = \frac{V2-V1}{V1} \cdot 100 = \frac{4,95-4,88}{4,88} \cdot 100 = 1,43\%$$

Regulação na saída simulada

$$Reg = \frac{V02-V01}{V01} \cdot 100 = \frac{5,084-5,073}{5,073} \cdot 100 = 0,21\%$$

PRÁTICA

O circuito 8 foi construído utilizando um Zener e dois resistores de 220 e 1k Ω , respeitando sua variância prática de 5%. A fonte foi utilizada no valor de 10 e 12V para obtenção dos resultados.

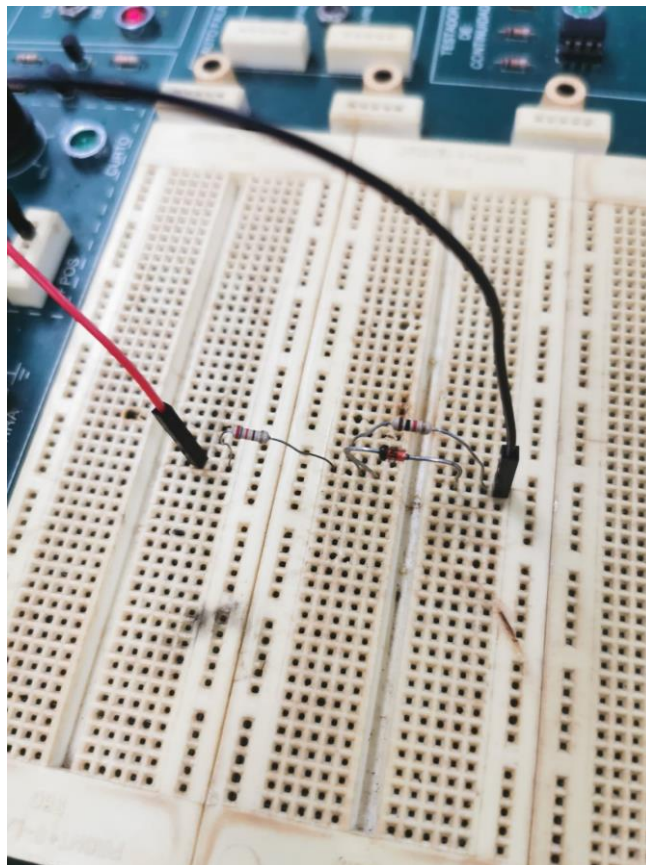


Figura 24 - Circuito 8 contruido no datapool

Abaixo, uma tabela comparativa dos valores obtidos em cálculo e durante o experimento:

Fonte	EXPERIMENTAL	TEORIA
10V	5,22 V	4,88 V

12V	5,25 V	4,95 V
-----	--------	--------

Regulação na saída experimental

$$Reg = \frac{V_{02}-V_{01}}{V_{01}} \cdot 100 = \frac{5,025-5,22}{5,022} \cdot 100 = 0,06\%$$

Podemos observar que o valor da regulação na saída de maneira experimental é muito menor ao valor teórico e simulado.

CONCLUSÃO

Com este relatório dos trabalhos realizados em laboratório foi possível consolidar os conhecimentos aprendidos em sala de aula ao longo da M1. Além de visualizar na prática os componentes com os quais foi trabalhado em meio a simulação.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e muito próximos aos cálculos e simulações, ainda mais levando em consideração a variância dos componentes práticos que não está presente em meio teórico e simulado. Os experimentos tiveram resultados positivos.

REFERÊNCIAS

SEMICONDUCTOR, On. **1N4728A - 1N4758A Zener Diodes**. Disponível em:

<https://octopart.com/datasheet/1n4733a-onsemi-102285>. Acesso em: 22 set. 2021.

MATTEDE., Henrique. **O que é um diodo?** 2021. Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-diodo/>. Acesso em: 26 set. 2021.